

REC'D 15 AUG 2003

WIPO PCT

PCT/JP 03/08293

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

30.06.03

Rec'd PCT/PTO 30 DEC 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年 7月 1日

出願番号  
Application Number: 特願2002-192546  
[ST. 10/C]: [JP 2002-192546]

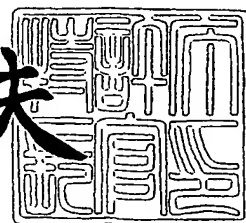
出願人  
Applicant(s): 旭化成株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 7月31日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3060978

【書類名】 特許願

【整理番号】 B02038

【提出日】 平成14年 7月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01C 21/00

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市岡田 3 0 5 0 番地 旭化成株式会社内

    【氏名】 疋田 浩一

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市岡田 3 0 5 0 番地 旭化成株式会社内

    【氏名】 山下 昌哉

【特許出願人】

    【識別番号】 000000033

    【氏名又は名称】 旭化成株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100066980

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 森 哲也

【選任した代理人】

    【識別番号】 100075579

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 内藤 嘉昭

【選任した代理人】

    【識別番号】 100103850

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 001638

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9902179

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 計測装置、方位角計測装置、キャリブレーション方法およびキャリブレーションプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ベクトル物理量を検出する 2 軸以上の検出手段と、

前記検出手段の内、少なくとも 2 軸の検出方向が所定の平面上にあるよう保ちながら、前記検出手段の向きが変化した時の 2 軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、

前記 2 軸出力を成分とする 2 次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された 2 軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、

前記基準点の座標に基づいて、前記検出手段の 2 軸出力に対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする計測装置。

【請求項 2】 ベクトル物理量を検出する 3 軸以上の検出手段と、

前記検出手段の向きが 3 次元空間において変化した時の 3 軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、

前記 3 軸出力を成分とする 3 次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された 3 軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、

前記基準点の座標に基づいて、前記検出手段の 3 軸出力に対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする計測装置。

【請求項 3】 地磁気を検出する 2 軸以上の地磁気検出手段と、

前記地磁気検出手段の内、少なくとも 2 軸の検出方向が所定の平面上にあるよう保ちながら、前記地磁気検出手段の向きが変化した時の 2 軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、

前記 2 軸出力を成分とする 2 次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された 2 軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、

前記基準点の座標に基づいて、前記地磁気検出手段の 2 軸出力に対するオフセ

ット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする方位角計測装置。

【請求項 4】 地磁気を検出する 3 軸以上の地磁気検出手段と、

前記地磁気検出手段の向きが 3 次元空間において変化した時の 3 軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、

前記 3 軸出力を成分とする 3 次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された 3 軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、

前記基準点の座標に基づいて、前記地磁気検出手段の 3 軸出力に対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする方位角計測装置。

【請求項 5】 前記基準点推定手段は、

前記検出出力取得手段により各軸出力を所定回数繰り返し取得して、各軸出力における最大値と最小値との差分を算出する第 1 の差分算出手段と、

前記第 1 の差分算出手段により算出された差分が所定値以上かどうかを判断する第 1 の差分判断手段とを備え、

前記第 1 の差分算出手段により算出された差分が所定値以上の場合、前記検出出力取得手段により所定回数繰り返して取得された前記各軸出力を前記基準点推定の対象とすることを特徴とする請求項 3 または 4 記載の方位角計測装置。

【請求項 6】 前記オフセット情報算出手段は、

前記基準点推定手段により算出された基準点と前記基準点推定手段により直前に算出された基準点との差分を算出する第 2 の差分算出手段と、

前記第 2 の差分算出手段により算出された差分が所定値以上かどうかを判断する差分判断手段とを備え、

前記第 2 の差分算出手段により算出された差分が所定値以上の場合、前記基準点推定手段により算出された基準点を破棄することを特徴とする請求項 3 ～ 5 のいずれか 1 項記載の方位角計測装置。

【請求項 7】 前記基準点推定手段は、前記基準点の座標および座標軸のスケールファクタを統計的手法によって推定することを特徴とする請求項 3 ～ 6 の

いずれか 1 項記載の方位角計測装置。

【請求項 8】 方位角計測の実行中、方位角計測のために取得された各軸出力を用いて基準点推定とオフセット情報算出をバックグラウンドで実行し、オフセット情報の更新を随時行うことを特徴とする請求項 3～7 のいずれか 1 項記載の方位角計測装置。

【請求項 9】 地磁気計測における 2 軸の検出方向を所定の平面上にあるよう保ちながら変化させるステップと、

前記検出方向が変化した時の地磁気計測の 2 軸出力を取得するステップと、

前記 2 軸出力の取得が所定回数以上か判定するステップと、

前記 2 軸出力を成分とする 2 次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された 2 軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、

前記推定された基準点の座標に基づいて、前記 2 軸出力に対するオフセット値を算出するステップとを備えることを特徴とする地磁気計測結果のオフセットキャリブレーション方法。

【請求項 10】 地磁気計測における 3 軸の検出方向を 3 次元空間において変化させるステップと、

前記検出方向が変化した時の地磁気計測の 3 軸出力を取得するステップと、

前記 3 軸出力の取得が所定回数以上か判定するステップと、

前記 3 軸出力を成分とする 3 次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された 3 軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、

前記推定された基準点の座標に基づいて、前記 3 軸出力に対するオフセット値を算出するステップとを備えることを特徴とする地磁気計測結果のオフセットキャリブレーション方法。

【請求項 11】 地磁気計測における 2 軸の検出方向を所定の平面上にあるよう保ちながら変化させた時の地磁気計測の 2 軸出力を取得するステップと、

前記 2 軸出力の取得が所定回数以上か判定するステップと、

前記 2 軸出力を成分とする 2 次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取

得された 2 軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、

前記推定された基準点の座標に基づいて、前記 2 軸出力に対するオフセット値を算出するステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする地磁気計測結果のオフセットキャリブレーションプログラム。

【請求項 12】 地磁気計測における 3 軸の検出方向を 3 次元空間において変化させた時の地磁気計測の 3 軸出力を取得するステップと、

前記 3 軸出力の取得が所定回数 以上か判定するステップと、

前記 3 軸出力を成分とする 3 次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された 3 軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、

前記推定された基準点の座標に基づいて、前記 3 軸出力に対するオフセット値を算出するステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする地磁気計測結果のオフセットキャリブレーションプログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は計測装置、方位角計測装置、キャリブレーション方法およびキャリブレーションプログラムに関し、特に、磁気センサのオフセットを補正する場合に適用して好適なものである。

#### 【0002】

#### 【従来の技術】

磁気センサの周辺にスピーカなどの着磁された部品が配置された場合、着磁された部品から漏れる磁場によって、磁気センサの出力にオフセットが発生する。

従って、磁気センサを用いて方位を検出する方位角計測装置では、磁気センサのオフセットによって、方位角の計算に誤差が生じることを防ぐために、磁気センサのオフセットを補正することを目的とした方位角計測装置のキャリブレーションを行うことが必要である。

#### 【0003】

このため、従来の方位角計測装置では、一例として、方位角計測装置を特定の軸回りに一定の角速度で回転させることにより、方位角計測装置のキャリブレーションを行っていた。

図9は、方位角計測装置をz軸回りに一定の角速度で回転させた時の磁気センサの出力波形を示す図である。

#### 【0004】

図9において、携帯機器301をz軸回りに一定の角速度 $\omega$ で回転させた場合、携帯機器301に搭載されたx軸ホール素子HE<sub>x</sub>の出力S<sub>r x</sub>は、以下の(1)式で与えられる。

$$S_{r x} = a_x M_{XY} \cos(\omega t + \theta_0) + X_0 \quad \dots (1)$$

ただし、 $a_x$ は、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>の感度、 $X_0$ は、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>のオフセットである。

#### 【0005】

また、

$$M_{XY} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$\theta_0 = \tan^{-1}(M_y / M_x)$$

である。ただし、 $M_x$ は、地磁気Mのx方向成分、 $M_y$ は、地磁気Mのy方向成分である。

#### 【0006】

従って、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>の出力S<sub>r x</sub>の最大値 $X_{\max}$ および最小値 $X_{\min}$ は、以下の(2)、(3)式で表すことができる。

$$X_{\max} = a_x M_{XY} + X_0 \quad \dots (2)$$

$$X_{\min} = -a_x M_{XY} + X_0 \quad \dots (3)$$

この結果、(2)、(3)式から、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>のオフセット $X_0$ は、以下の(4)式で求めることができる。

#### 【0007】

$$X_0 = (X_{\max} + X_{\min}) / 2 \quad \dots (4)$$

図10は、従来の方位角計測装置のキャリブレーション方法を示すフローチャートである。



図10において、携帯機器301のキャリブレーション開始ボタンを押す（ステップS21）。

#### 【0008】

そして、 $x$ 軸ホール素子 $HE_x$ が搭載された携帯機器301を水平に保ったまま、ゆっくり等速度で携帯機器301を1回転させる（ステップS22）。

そして、携帯機器301を1回転させたら、携帯機器301のキャリブレーション終了ボタンを押す（ステップS23）。

ここで、携帯機器301を1回転させる間に、 $x$ 軸ホール素子 $HE_x$ の出力 $S_{rx}$ の最大値 $X_{max}$ および最小値 $X_{min}$ を求め、これらの値を加算して2で割った値を $x$ 軸のオフセット $X_0$ とすることで、 $x$ 軸のキャリブレーションを行うことができる。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のキャリブレーション方法では、 $x$ 軸ホール素子 $HE_x$ の出力 $S_{rx}$ の最大値 $X_{max}$ および最小値 $X_{min}$ を求めるため、携帯機器301を特定の平面上で1周以上回転させる必要があった。

この結果、携帯機器301の回転速度が速すぎると、最大値 $X_{max}$ および小値 $X_{min}$ を見落とすこととなり、逆に回転速度が遅すぎると、読み取りデータ数が膨大で、メモリがオーバーフローするなど、一定の速度範囲から外れた場合に、キャリブレーション精度が劣化するという問題があった。

#### 【0010】

このため、利用者は、キャリブレーションが成功するまでに試行錯誤を繰り返し、何度も携帯機器301を回転させるよう要求された。

そこで、本発明の目的は、利用者に負担をかけることなく、磁気センサのキャリブレーションを行うことが可能な計測装置、方位角計測装置、キャリブレーション方法およびキャリブレーションプログラムを提供することである。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

上述した課題を解決するために、請求項1記載の計測装置によれば、ベクトル

物理量を検出する 2 軸以上の検出手段と、前記検出手段の内、少なくとも 2 軸の検出方向が所定の平面上にあるよう保ちながら、前記検出手段の向きが変化した時の 2 軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、前記 2 軸出力を成分とする 2 次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された 2 軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、前記基準点の座標に基づいて、前記検出手段の 2 軸出力に対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0012】

これにより、計測装置の向きを所定面内で任意に変化させるだけで、検出手段の各軸出力に対するオフセット情報を算出することができる。

ここで、オフセット情報を算出するためには、計測装置の向きが変化しさえすればよく、2 軸出力データ群検出時の向きが変化する範囲には限定はなく、例えば、180 度未満や 90 度未満であってもよいし、2 軸出力データ群検出時に計測装置の位置が変化してもよい。

#### 【0013】

このため、計測装置を指定方向に向けたり、一定速度で回転させたりすることなく、オフセットのキャリブレーションを行わせることが可能となり、利用者に対するオフセットのキャリブレーション作業の負担を軽減することができる。

また、請求項 2 記載の計測装置によれば、ベクトル物理量を検出する 3 軸以上の検出手段と、前記検出手段の向きが 3 次元空間において変化した時の 3 軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、前記 3 軸出力を成分とする 3 次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された 3 軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、前記基準点の座標に基づいて、前記検出手段の 3 軸出力に対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0014】

これにより、計測装置の向きを任意の方向に変化させるだけで検出手段の各軸

出力に対するオフセット情報を算出することができる。

ここで、オフセット情報を算出するためには、3軸出力データ群検出時の向きが変化する範囲には限定はなく、例えば、180度未満や90度未満であってもよいし、3軸出力データ群検出時に計測装置の位置が変化してもよい。

#### 【0015】

このため、オフセットのキャリブレーションについて利用者が何ら意識することなく、計測装置の移動や通常操作時に、ベクトル物理量の計測値が変化するだけで、オフセットのキャリブレーションを実現することが可能となり、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担をほとんど無くすることができる。

#### 【0016】

また、請求項3記載の方位角計測装置によれば、地磁気を検出する2軸以上の地磁気検出手段と、前記地磁気検出手段の内、少なくとも2軸の検出方向が所定の平面上にあるよう保ちながら、前記地磁気検出手段の向きが変化した時の2軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、前記2軸出力を成分とする2次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された2軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、前記基準点の座標に基づいて、前記地磁気検出手段の2軸出力に対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする。

#### 【0017】

これにより、携帯機器の向きを所定面内で任意に変化させるだけで、磁気検出手段の各軸出力に対するオフセット情報を算出することができ、携帯機器を指定方向に向けたり、一定速度で回転させたりすることなく、オフセットのキャリブレーションを行わせることが可能となる。

携帯電話の向きを所定の平面上（特に水平面上）で変化させることは、2軸の方位角計測時には通常行われる行為である。このため、利用者は、オフセットのキャリブレーション作業を何ら特別に意識することなく、容易に行うことが可能となる。

## 【0018】

また、温度変化等により、たとえオフセット値が大きく変化しても、利用者は再度意識してオフセットのキャリブレーションを行う必要がなく、通常どおり方位角計測を行う間に自動的にオフセットのキャリブレーションが行われるため、利用者の負担を軽減することができる。

また、請求項4記載の方位角計測装置によれば、地磁気を検出する3軸以上の地磁気検出手段と、前記地磁気検出手段の向きが3次元空間において変化した時の3軸出力を所定回数以上繰り返して取得する検出出力取得手段と、前記3軸出力を成分とする3次元座標上に基準点を定め、前記繰り返し取得された3軸出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、前記基準点の座標に基づいて、前記地磁気検出手段の3軸出力に対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする。

## 【0019】

これにより、携帯機器の向きを任意の方向に変化させるだけで、磁気検出手段の各軸出力に対するオフセット情報を算出することができる。

このため、オフセットのキャリブレーションについて利用者が何ら意識することなく、携帯機器の持ち運び時や通常操作時に、携帯機器の向きが変化するだけで、オフセットのキャリブレーションを実現することが可能となり、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担をほとんど無くすることができる。

## 【0020】

また、請求項5記載の方位角計測装置によれば、前記基準点推定手段は、前記検出出力取得手段により各軸出力を所定回数繰り返し取得して、各軸出力における最大値と最小値との差分を算出する第1の差分算出手段と、前記第1の差分算出手段により算出された差分が所定値以上かどうかを判断する第1の差分判断手段とを備え、前記第1の差分算出手段により算出された差分が所定値以上の場合、前記検出出力取得手段により所定回数繰り返し取得された前記各軸出力を前記基準点推定の対象とすることを特徴とする。

## 【0021】

これにより、携帯機器の向きが静止していたり、僅かしか変化していなかった場合に、円または球の中心座標が大きな誤差を含んで算出されることを防止することができ、円または球の中心座標の算出精度を向上させて、オフセットのキャリブレーション精度を高く保つことができる。

また、請求項6記載の方位角計測装置によれば、前記オフセット情報算出手段は、前記基準点推定手段により算出された基準点と前記基準点推定手段により直前に算出された基準点との差分を算出する第2の差分算出手段と、前記第2の差分算出手段により算出された差分が所定値以上かどうかを判断する差分判断手段とを備え、前記第2の差分算出手段により算出された差分が所定値以上の場合、前記基準点推定手段により算出された基準点を破棄することを特徴とする。

## 【0022】

これにより、地磁気の検出出力にノイズ等で大きな誤差が含まれている場合や、特に2軸の地磁気検出手段の向きが所定の平面から外れて変化したような場合に、誤ったオフセット値を算出して不適切なオフセット補正が行われてしまうことを防止することができる。

また、請求項7記載の方位角計測装置によれば、前記基準点推定手段は、前記基準点の座標および座標軸のスケールファクタを統計的手法によって推定する。

## 【0023】

これにより、各座標軸のスケールファクタを各軸の感度に合わせることが可能となり、地磁気検出手段の各軸の感度が異なっている場合においても、感度補正情報を前もって記憶し、地磁気の検出出力に対して感度補正を行うことを省略することができる。

また、請求項8記載の方位角計測装置によれば、方位角計測の実行中、方位角計測のために取得された各軸出力を用いて基準点推定とオフセット情報算出をバックグラウンドで実行し、オフセット情報の更新を随時行うことを特徴とする。

## 【0024】

これにより、利用者が方位角計測を行うことで、オフセット情報の更新を自動的に行うことが可能となる。

また、請求項 9 記載のオフセットキャリブレーション方法によれば、地磁気計測における 2 軸の検出方向を所定の平面上にあるよう保ちながら変化させるステップと、前記検出方向が変化した時の地磁気計測の 2 軸出力を取得するステップと、前記 2 軸出力の取得が所定回数以上か判定するステップと、前記 2 軸出力を成分とする 2 次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された 2 軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、前記推定された基準点の座標に基づいて、前記 2 軸出力に対するオフセット値を算出するステップとを備えることを特徴とする。

#### 【0025】

これにより、携帯機器の向きを所定面内で任意に変化させるだけで、地磁気の計測結果に対するオフセット値を算出することができ、オフセットのキャリブレーションを行わせることが可能となる。

このため、オフセットのキャリブレーション作業を容易化することが可能となり、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担を軽減することができる。

#### 【0026】

また、請求項 10 記載のオフセットキャリブレーション方法によれば、地磁気計測における 3 軸の検出方向を 3 次元空間において変化させるステップと、前記検出方向が変化した時の地磁気計測の 3 軸出力を取得するステップと、前記 3 軸出力の取得が所定回数以上か判定するステップと、前記 3 軸出力を成分とする 3 次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された 3 軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、前記推定された基準点の座標に基づいて、前記 3 軸出力に対するオフセット値を算出するステップとを備えることを特徴とする。

#### 【0027】

これにより、携帯機器の向きを任意に変化させるだけで、地磁気の計測結果に対するオフセット値を算出することができ、オフセットのキャリブレーションを行わせることが可能となる。

このため、オフセットのキャリブレーションについて利用者が何ら意識することなく、オフセットのキャリブレーションを実現することが可能となり、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担を軽減することができる。

#### 【0028】

また、請求項11記載のオフセットキャリブレーションプログラムによれば、地磁気計測における2軸の検出方向を所定の平面上にあるよう保ちながら変化させた時の地磁気計測の2軸出力を取得するステップと、前記2軸出力の取得が所定回数以上か判定するステップと、前記2軸出力を成分とする2次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された2軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、前記推定された基準点の座標に基づいて、前記2軸出力に対するオフセット値を算出するステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする。

#### 【0029】

これにより、キャリブレーションプログラムを携帯機器にインストールすることで、携帯機器の向きを所定面内で任意に変化させるだけで、オフセットのキャリブレーションを行わせることが可能となり、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担を軽減することができる。

また、請求項12記載のオフセットキャリブレーションプログラムによれば、地磁気計測における3軸の検出方向を3次元空間において変化させた時の地磁気計測の3軸出力を取得するステップと、前記3軸出力の取得が所定回数以上か判定するステップと、前記3軸出力を成分とする3次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された3軸出力のデータ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定するステップと、前記推定された基準点の座標に基づいて、前記3軸出力に対するオフセット値を算出するステップとをコンピュータに実行させることを特徴とする。

#### 【0030】

これにより、キャリブレーションプログラムを携帯機器にインストールすることで、携帯機器の向きが任意に変化するだけで、オフセットのキャリブレーション

ンを行わせることが可能となり、オフセットのキャリブレーションについて利用者が何ら意識することなく、オフセットのキャリブレーションを実現することが可能となる。

#### 【0031】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係る方位角計測装置およびオフセットキャリブレーション方法について、図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明の第1実施形態に係る携帯機器の概観構成を透視して示す斜視図である。

#### 【0032】

図1において、携帯機器101には、表示部102およびアンテナ103が設けられるとともに、地磁気を2軸についてそれぞれ計測して、方位角を求めるための方位角計測装置が内蔵されている。

ここで、方位角計測装置には、地磁気Mのx方向成分 $M_x$ を計測するx軸ホール素子 $HE_x$ および地磁気Mのy方向成分 $M_y$ を計測するy軸ホール素子 $HE_y$ が設けられ、x軸ホール素子 $HE_x$ およびy軸ホール素子 $HE_y$ は、各感磁面が各軸に対して垂直になるように配置されている。

#### 【0033】

図2は、本発明の第1実施形態に係る方位角計測装置の概略構成を示すブロック図である。

図2において、方位角計測装置には、2軸磁気センサ1、チョッパ部2、磁気センサ駆動電源部3、差動入力アンプ4、A/D変換部5、補正計算部6、方位角計算部7、オフセット情報算出部8、オフセット情報記憶部9aおよび感度補正情報記憶部9bが設けられ、2軸磁気センサ1には、x軸ホール素子 $HE_x$ およびy軸ホール素子 $HE_y$ が設けられている。

#### 【0034】

ここで、x軸ホール素子 $HE_x$ およびy軸ホール素子 $HE_y$ は地磁気を検出するためのもので、例えば、InSbやInAs、GaAsなどの化合物半導体系あるいはSiモノリシック系であることが好ましい。



チョッパ部 2 は、x 軸ホール素子  $H E_x$  および y 軸ホール素子  $H E_y$  を駆動する端子をそれぞれ切り換えるためのもので、磁気センサ駆動電源部 3 から出力された駆動電圧を、x 軸ホール素子  $H E_x$  および y 軸ホール素子  $H E_y$  にそれぞれ印加し、x 軸ホール素子  $H E_x$  および y 軸ホール素子  $H E_y$  から出力された信号を時分割的に差動入力アンプ 4 に出力する。

#### 【0035】

そして、x 軸ホール素子  $H E_x$  および y 軸ホール素子  $H E_y$  から出力された信号は、差動入力アンプ 4 で増幅され、ここで増幅された出力増幅値が A/D 変換部 5 でデジタル信号に変換された後、補正計算部 6 に入力される。

ここで、x 軸ホール素子  $H E_x$  の出力増幅値  $S_{rx}$  は、以下の (5) 式で表すことができ、y 軸ホール素子  $H E_y$  の出力増幅値  $S_{ry}$  は、以下の (6) 式で表すことができる。

#### 【0036】

$$S_{rx} = a_x \cdot M_x + C_{rx} \quad \dots (5)$$

$$S_{ry} = a_y \cdot M_y + C_{ry} \quad \dots (6)$$

ただし、 $a_x$  は、x 軸ホール素子  $H E_x$  の感度、 $C_{rx}$  は、x 軸ホール素子  $H E_x$  のオフセット、 $a_y$  は、y 軸ホール素子  $H E_y$  の感度、 $C_{ry}$  は、y 軸ホール素子  $H E_y$  のオフセット、 $M_x$  は、地磁気  $M$  の x 方向成分、 $M_y$  は、地磁気  $M$  の y 方向成分である。

#### 【0037】

そして、オフセット情報記憶部 9 a には、x 軸ホール素子  $H E_x$  および y 軸ホール素子  $H E_y$  のオフセットがそれぞれ記憶されるとともに、感度補正情報記憶部 9 b には、x 軸ホール素子  $H E_x$  および y 軸ホール素子  $H E_y$  の感度のばらつきを補正するための感度補正情報がそれぞれ記憶される。

方位角計測実行中は、補正計算部 6 は、これらのオフセット情報および感度補正情報を用いることにより、x 軸ホール素子  $H E_x$  および y 軸ホール素子  $H E_y$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$  をそれぞれ補正し、地磁気  $M$  の x、y 軸成分  $M_x$ 、 $M_y$  だけを取り出し、方位角計算部 7 に出力する。

#### 【0038】

そして、方位角計算部 7 は、地磁気  $M$  の  $x$ 、 $y$  軸成分  $M_x$ 、 $M_y$  の符号と、 $\theta = \tan^{-1}(M_y/M_x)$  の式に基づいて、方位角  $\theta$  を算出する。

オフセットキャリブレーション実行中は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の出力増幅値  $S_{rx}$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{ry}$  は、オフセット情報算出部 8 に出力される。

#### 【0039】

そして、オフセット情報算出部 8 は、 $x$ 、 $y$  軸が所定の平面上にあるよう保ちながら携帯機器 101 の向きが変化している時に、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の出力増幅値  $S_{rx}$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{ry}$  を所定回数以上取得し、感度補正情報記憶部 9b に記憶されている感度補正情報に基づいて、感度補正を行う。

#### 【0040】

ここで、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の感度補正後の出力増幅値  $S_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正後の出力増幅値  $S_y$  は、以下の (7)、(8) 式のように表すことができる。

$$S_x = a_0 / a_x \cdot S_{rx} = a_0 \cdot M_x + C_x \quad \dots (7)$$

$$S_y = a_0 / a_y \cdot S_{ry} = a_0 \cdot M_y + C_y \quad \dots (8)$$

ただし、 $a_0 / a_x$  は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の感度補正係数、 $a_0 / a_y$  は、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正係数、 $a_0$  は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正後の感度である。

#### 【0041】

また、 $C_x$  は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の感度補正後のオフセット、 $C_y$  は、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正後のオフセットであり、

$$C_x = a_0 / a_x \cdot C_{rx}$$

$$C_y = a_0 / a_y \cdot C_{ry}$$

である。

#### 【0042】

そして、オフセット情報算出部 8 は、出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  をそれぞれ  $x$ 、 $y$  成分とする点として  $xy$  座標上に配置した時に、各点からの距離がなるべく等し

くなるような基準点の座標を推定する。

そして、この基準点の座標の  $x$  成分を  $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の現在のオフセット  $C_x$ 、この円の中心座標の  $y$  成分を  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の現在のオフセット  $C_y$  として、オフセット情報記憶部 9a に記憶する。

#### 【0043】

なお、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正情報の記憶は、携帯機器 101 の使用中に、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度はほとんど変化しないので、例えば、携帯機器 101 の製造時における、1 度だけの実施で済ませるようにしてもよい。

図 3 は、本発明の第 1 実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法の概念を説明する図である。

#### 【0044】

図 3 において、携帯機器 101 の向きが、 $x$ 、 $y$  軸が所定の平面上にあるよう保ちながら変化したものとすると、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の感度補正後の出力増幅値  $S_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正後の出力増幅値  $S_y$  をそれぞれ  $x$ 、 $y$  成分として  $xy$  座標上に配置する。

例えば、携帯機器 101 の向きが、 $x$ 、 $y$  軸が所定の平面上にあるよう保ちながら変化した時に、感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  として、 $(S_{1x}, S_{1y})$ 、 $(S_{2x}, S_{2y})$ 、 $(S_{3x}, S_{3y})$ 、 $\dots$  という値がそれぞれ得られたものとすると、これらの値で特定される点  $P_1(S_{1x}, S_{1y})$ 、 $P_2(S_{2x}, S_{2y})$ 、 $P_3(S_{3x}, S_{3y})$ 、 $\dots$  を  $xy$  座標上にそれぞれ配置する。

#### 【0045】

ここで、(7)、(8) 式を変形すると、

$$(S_x - C_x) / a_0 = M_x \quad \dots (9)$$

$$(S_y - C_y) / a_0 = M_y \quad \dots (10)$$

となる。

一方、携帯機器 101 は、 $x$ 、 $y$  軸を含む平面上で回転するから、

$$(M_x^2 + M_y^2) = \text{const} \quad \dots (11)$$

が成り立つ。

【0046】

従って、

$$\begin{aligned} & ((S_x - C_x) / a_0)^2 + ((S_y - C_y) / a_0)^2 \\ &= M_x^2 + M_y^2 \quad \dots (12) \end{aligned}$$

となる。

ここで、

【0047】

【数1】

$$r = \frac{1}{a_0} \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

【0048】

と置くと、

$$(S_x - C_x)^2 + (S_y - C_y)^2 = r^2 \quad \dots (13)$$

が成り立つ。

従って、感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  で特定される点  $P_1 (S_{1x}, S_{1y})$ 、 $P_2 (S_{2x}, S_{2y})$ 、 $P_3 (S_{3x}, S_{3y})$ 、 $\dots$  は、いずれも  $x$  軸ホール素子  $HE_x$  のオフセット  $C_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  のオフセット  $C_y$  を  $xy$  成分とする基準点  $C_1 (C_x, C_y)$  から等しい距離に位置することになる。

【0049】

基準点  $C_1 (C_x, C_y)$  は、 $P_1 (S_{1x}, S_{1y})$ 、 $P_2 (S_{2x}, S_{2y})$ 、 $P_3 (S_{3x}, S_{3y})$ 、 $\dots$  から推定することができ、種々の計算方法がある。感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  には何らかの誤差が含まれているので、データ取得数をなるべく多くして、基準点  $C_1 (C_x, C_y)$  から  $P_1 (S_{1x}, S_{1y})$ 、 $P_2 (S_{2x}, S_{2y})$ 、 $P_3 (S_{3x}, S_{3y})$ 、 $\dots$  までの距離のばらつきが最小になるよう統計的手法を用いて計算するのが望ましい。例えば、データ取得数は4以上、できれば10前後とする。

【0050】

また、データ取得数を多くして統計的手法により基準点  $C1 (C_x, C_y)$  の推定計算を行うのであれば、 $P_1 (S_{1x}, S_{1y})$ 、 $P_2 (S_{2x}, S_{2y})$ 、 $P_3 (S_{3x}, S_{3y})$ 、・・・は基準点  $C1 (C_x, C_y)$  から見て必ずしも全方向に分布している必要はなく、例えば、 $180^\circ$  若しくは  $90^\circ$  程度の範囲に限定されていてもよい。すなわち、基準点  $C1 (C_x, C_y)$  から見た  $P_1 (S_{1x}, S_{1y})$ 、 $P_2 (S_{2x}, S_{2y})$ 、 $P_3 (S_{3x}, S_{3y})$ 、・・・への方向は、それぞれ出力増幅値を取得した時の携帯機器 101 の向きに相当するので、オフセット値のキャリブレーションを行う際に携帯機器 101 の向きを 1 回転させる必要はなく、例えば、 $180^\circ$  若しくは  $90^\circ$  程度の範囲に限定されていてもよい。

#### 【0051】

図 4 は、本発明の第 1 実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法を示すフローチャートである。

図 4 において、オフセット情報算出部 8 は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の出力増幅値  $S_{rx}$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{ry}$  をそれぞれ 10 点分格納するためのデータバッファを用意する（ステップ S1）。

#### 【0052】

そして、オフセット情報算出部 8 は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$  をそれぞれ 10 点分取得し（ステップ S2、S3）、感度補正情報記憶部 9b に記憶されている感度補正情報に基づいて、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$  に感度補正係数を乗じ、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  を得る。

#### 【0053】

そして、オフセット情報算出部 8 は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  をそれぞれ 10 点分得ると、データバッファから最も古いデータを削除し、残りのデータをシフトし、さらに今回取得した出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  を加える（ステップ S4）。

次に、オフセット情報算出部 8 は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素

子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  の過去 10 点分を対象として、最大値と最小値をそれぞれ求め、最大値と最小値との差分が所定値より大きいかを判断する（ステップ S5）。

#### 【0054】

そして、ステップ S5 で求めた最大値と最小値との差分が所定値以下の場合、今回取得した出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  を破棄し、ステップ S2 に戻って、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$  を新たに取得する。

一方、ステップ S5 で求めた最大値と最小値との差分が所定値より大きい場合、10 点分の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  をそれぞれ  $xy$  成分とする点  $P_1$  ( $S_{1x}$ 、 $S_{1y}$ )、 $P_2$  ( $S_{2x}$ 、 $S_{2y}$ )、 $P_3$  ( $S_{3x}$ 、 $S_{3y}$ )、... からの距離がなるべく等しくなるような基準点  $C_1$  の座標 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) を推定する（ステップ S6）。

#### 【0055】

そして、今回推定した基準点  $C_1$  の座標 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) と、前回推定した基準点  $C_1$  の座標 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) との差が所定値より小さいかどうかを判定し（ステップ S7）、所定値以上の場合、今回推定した基準点  $C_1$  の座標 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) を破棄し、ステップ S2 に戻って、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  および  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$  を新たに取得する。

#### 【0056】

一方、今回推定した基準点  $C_1$  の座標 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) と、前回推定した基準点  $C_1$  の座標 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) との差が所定値より小さい場合、今回推定した基準点  $C_1$  の座標 ( $C_x$ 、 $C_y$ ) の  $x$  成分を  $x$  軸ホール素子  $HE_x$  のオフセット  $C_x$  としてオフセット情報記憶部 9a に記憶させ、 $y$  成分を  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  のオフセット  $C_y$  としてオフセット情報記憶部 9a に記憶させる（ステップ S8）。

#### 【0057】

図 5 は、本発明の第 2 実施形態に係る携帯機器の概観構成を透視して示す斜視図である。

図 5 において、携帯機器 201 には、表示部 202 およびアンテナ 203 が設

けられるとともに、地磁気を 3 軸についてそれぞれ計測して、方位角を求めるための方位角計測装置が内蔵されている。

#### 【0058】

ここで、方位角計測装置には、地磁気 $M$ の  $x$  方向成分 $M_x$ を計測する  $x$  軸ホール素子 $HE_x$ 、地磁気 $M$ の  $y$  方向成分 $M_y$ を計測する  $y$  軸ホール素子 $HE_y$ および地磁気 $M$ の  $z$  方向成分 $M_z$ を計測する  $z$  軸ホール素子 $HE_z$ が設けられ、 $x$  軸ホール素子 $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子 $HE_y$ および $z$  軸ホール素子 $HE_z$ は、各感磁面が各軸に対して垂直になるように配置されている。

#### 【0059】

図 6 は、本発明の第 2 実施形態に係る方位角計測装置の概略構成を示すブロック図である。

図 6 において、方位角計測装置には、3 軸磁気センサ 11、磁気センサ駆動電源部 12、チョッパ部 13、差動入力アンプ 14、A/D 変換部 15、補正計算部 16、方位角計算部 17、オフセット情報算出部 18、オフセット情報記憶部 19a および感度補正情報記憶部 19b が設けられ、3 軸磁気センサ 11 には、 $x$  軸ホール素子 $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子 $HE_y$ および $z$  軸ホール素子 $HE_z$ が設けられている。

#### 【0060】

なお、 $x$  軸ホール素子 $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子 $HE_y$ および $z$  軸ホール素子 $HE_z$ は地磁気を検出するためのもので、例えば、 $InSb$ や $InAs$ 、 $GaAs$ などの化合物半導体系あるいは $Si$ モノリシック系であることが好ましい。

チョッパ部 13 は  $x$  軸ホール素子 $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子 $HE_y$ および $z$  軸ホール素子 $HE_z$ をそれぞれ駆動する端子を切り換えるためのもので、磁気センサ駆動電源部 12 から出力された駆動電圧を、 $x$  軸ホール素子 $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子 $HE_y$ および $z$  軸ホール素子 $HE_z$ にそれぞれ印加し、 $x$  軸ホール素子 $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子 $HE_y$ および $z$  軸ホール素子 $HE_z$ から出力された信号を時分割的に差動入力アンプ 14 に出力する。

#### 【0061】

ここで、チョッパ部 13 は、例えば、 $90^\circ$  チョッパ駆動や $360^\circ$  チョッパ

駆動などを用いることができる。なお、90°チョッパ駆動では、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>およびz軸ホール素子HE<sub>z</sub>を駆動する際に、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>およびz軸ホール素子HE<sub>z</sub>の出力に含まれるホール素子自身のオフセット項を大部分キャンセルすることができる。

#### 【0062】

また、360°チョッパ駆動では、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>およびz軸ホール素子HE<sub>z</sub>の出力に含まれるホール素子自身のオフセット項だけでなく、後段の差動入力アンプ14自身による電氣的なオフセット項も容易にキャンセルすることができる。

そして、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>およびz軸ホール素子HE<sub>z</sub>から出力された信号は、差動入力アンプ14でそれぞれ増幅され、ここで増幅された出力増幅値がA/D変換部15でデジタル信号に変換された後、補正計算部16に入力される。

#### 【0063】

ここで、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>の出力増幅値S<sub>rx</sub>は、以下の(14)式で表すことができ、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>の出力増幅値S<sub>ry</sub>は、以下の(15)式で表すことができ、z軸ホール素子HE<sub>z</sub>の出力増幅値S<sub>rz</sub>は、以下の(16)式で表すことができる。

$$S_{rx} = a_x \cdot M_x + C_{rx} \quad \dots (14)$$

$$S_{ry} = a_y \cdot M_y + C_{ry} \quad \dots (15)$$

$$S_{rz} = a_z \cdot M_z + C_{rz} \quad \dots (16)$$

ただし、 $a_x$ は、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>の感度、 $C_{rx}$ は、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>のオフセット、 $a_y$ は、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>の感度、 $C_{ry}$ は、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>のオフセット、 $a_z$ は、z軸ホール素子HE<sub>z</sub>の感度、 $C_{rz}$ は、z軸ホール素子HE<sub>z</sub>のオフセット、 $M_x$ は、地磁気Mのx方向成分、 $M_y$ は、地磁気Mのy方向成分、 $M_z$ は、地磁気Mのz方向成分である。

#### 【0064】

そして、オフセット情報記憶部19aには、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホー



ル素子H E y および z 軸ホール素子H E z のオフセットがそれぞれ記憶されるとともに、感度補正情報記憶部 19 b には、x 軸ホール素子H E x、y 軸ホール素子H E y および z 軸ホール素子H E z の感度のばらつきを補正するための感度補正情報がそれぞれ記憶される。

#### 【0065】

方位角計測実行中は、補正計算部 16 は、これらのオフセット情報および感度補正情報を用いることにより、x 軸ホール素子H E x、y 軸ホール素子H E y および z 軸ホール素子H E z の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$ 、 $S_{rz}$  をそれぞれ補正し、地磁気Mの x、y、z 軸成分  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$  だけを取り出し、方位角計算部 17 に出力する。

#### 【0066】

そして、方位角計算部 17 は、地磁気Mの x、y、z 軸成分  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$  の符号と、 $\theta = \tan^{-1}(M_y/M_x)$  の式に基づいて、方位角  $\theta$  を算出する。

オフセットキャリブレーション実行中は、x 軸ホール素子H E x、y 軸ホール素子H E y および z 軸ホール素子H E z の各出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$ 、 $S_{rz}$  は、オフセット情報算出部 18 に出力される。

#### 【0067】

そして、オフセット情報算出部 18 は、携帯機器 201 の向きが 3 次元空間において任意に変化している時に、x 軸ホール素子H E x、y 軸ホール素子H E y および z 軸ホール素子H E z の各出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$ 、 $S_{rz}$  を所定回数以上取得し、感度補正情報記憶部 19 b に記憶されている感度補正情報に基づいて感度補正を行う。

#### 【0068】

ここで、感度補正後の x 軸ホール素子H E x の出力増幅値  $S_x$ 、y 軸ホール素子H E y の出力増幅値  $S_y$  および z 軸ホール素子H E z の出力増幅値  $S_z$  は、以下の (17)、(18)、(19) 式で表すことができる。

$$S_x = a_0 / a_x \cdot S_{rx} = a_0 \cdot M_x + C_x \quad \dots (17)$$

$$S_y = a_0 / a_y \cdot S_{ry} = a_0 \cdot M_y + C_y \quad \dots (18)$$

$$S_z = a_0 / a_z \cdot S_{rz} = a_0 \cdot M_z + C_z \quad \dots (19)$$

ただし、 $a_0/a_x$ は、x軸ホール素子 $HE_x$ の感度補正係数、 $a_0/a_y$ は、y軸ホール素子 $HE_y$ の感度補正係数、 $a_0/a_z$ は、z軸ホール素子 $HE_z$ の感度補正係数、 $a_0$ は、x軸ホール素子 $HE_x$ 、y軸ホール素子 $HE_y$ およびz軸ホール素子 $HE_z$ の感度補正後の感度である。

#### 【0069】

また、 $C_x$ は、x軸ホール素子 $HE_x$ の感度補正後のオフセット、 $C_y$ は、y軸ホール素子 $HE_y$ の感度補正後のオフセット、 $C_z$ は、z軸ホール素子 $HE_z$ の感度補正後のオフセットであり、

$$C_x = a_0/a_x \cdot C_{rx}$$

$$C_y = a_0/a_y \cdot C_{ry}$$

$$C_z = a_0/a_z \cdot C_{rz}$$

である。

#### 【0070】

そして、オフセット情報算出部18は、出力増幅値 $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$ をそれぞれx、y、z成分とする点としてxyz座標上に配置した時に、各点からの距離がなるべく等しくなるような基準点の座標を推定する。

そして、この基準点の座標のx成分をx軸ホール素子 $HE_x$ の現在のオフセット $C_x$ 、この球の中心座標のy成分をy軸ホール素子 $HE_y$ の現在のオフセット $C_y$ 、この球の中心座標のz成分をz軸ホール素子 $HE_z$ の現在のオフセット $C_z$ として、オフセット情報記憶部19aに記憶する。

#### 【0071】

なお、x軸ホール素子 $HE_x$ 、y軸ホール素子 $HE_y$ およびz軸ホール素子 $HE_z$ の感度補正情報の記憶は、携帯機器201の使用中にx軸ホール素子 $HE_x$ 、y軸ホール素子 $HE_y$ およびz軸ホール素子 $HE_z$ の感度はほとんど変化しないので、例えば、携帯機器201の製造時における1度だけの実施で済ませるようにしてもよい。

#### 【0072】

図7は、本発明の第2実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法の概念を説明する図である。

図7において、携帯機器201の向きが3次元空間において任意に変化したものとする、x軸ホール素子 $H E_x$ 、y軸ホール素子 $H E_y$ およびz軸ホール素子 $H E_z$ の感度補正後の出力増幅値 $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$ をそれぞれx、y、z成分としてxyz座標上に配置する。

### 【0073】

例えば、携帯機器201の向きが3次元空間において任意に変化した時に、感度補正後の出力増幅値 $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$ として、 $(S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $(S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $(S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、・・・という値がそれぞれ得られたものとする、これらの値で特定される点 $P_{11}(S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $P_{12}(S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $P_{13}(S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、・・・をxyz座標上にそれぞれ配置する。

### 【0074】

ここで、(17)、(18)、(19)式を変形すると、

$$(S_x - C_x) / a_0 = M_x \quad \dots (20)$$

$$(S_y - C_y) / a_0 = M_y \quad \dots (21)$$

$$(S_z - C_z) / a_0 = M_z \quad \dots (22)$$

となる。

### 【0075】

一方、地磁気 $M$ の大きさは、以下の(23)式で表すことができる。

### 【0076】

### 【数2】

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \quad \dots (23)$$

### 【0077】

従って、

$$\begin{aligned} & ((S_x - C_x) / a_0)^2 \\ & + ((S_y - C_y) / a_0)^2 \\ & + ((S_z - C_z) / a_0)^2 \\ & = M_x^2 + M_y^2 + M_z^2 \quad \dots (24) \end{aligned}$$

となる。

【0078】

ここで、

【0079】

【数3】

$$r = \frac{1}{a_0} \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$$

【0080】

と置くと、

$$(S_x - C_x)^2 + (S_y - C_y)^2 + (S_z - C_z)^2 = r^2 \dots (25)$$

が成り立つ。

従って、感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$  で特定される点  $P_{11}$  ( $S_{1x}$ 、 $S_{1y}$ 、 $S_{1z}$ )、 $P_{12}$  ( $S_{2x}$ 、 $S_{2y}$ 、 $S_{2z}$ )、 $P_{13}$  ( $S_{3x}$ 、 $S_{3y}$ 、 $S_{3z}$ )、 $\dots$  は、いずれも  $x$  軸ホール素子  $HE_x$  のオフセット  $C_x$ 、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  のオフセット  $C_y$  および  $z$  軸ホール素子  $HE_z$  のオフセット  $C_z$  を  $x y z$  成分とする基準点  $C_2$  ( $C_x$ 、 $C_y$ 、 $C_z$ ) から等しい距離に位置することになる。

【0081】

基準点  $C_2$  ( $C_x$ 、 $C_y$ 、 $C_z$ ) は、 $P_{11}$  ( $S_{1x}$ 、 $S_{1y}$ 、 $S_{1z}$ )、 $P_{12}$  ( $S_{2x}$ 、 $S_{2y}$ 、 $S_{2z}$ )、 $P_{13}$  ( $S_{3x}$ 、 $S_{3y}$ 、 $S_{3z}$ )、 $\dots$  から推定することができ、種々の計算方法がある。感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$  には何らかの誤差が含まれているので、データ取得数をなるべく多くして、基準点  $C_2$  ( $C_x$ 、 $C_y$ 、 $C_z$ ) から  $P_{11}$  ( $S_{1x}$ 、 $S_{1y}$ 、 $S_{1z}$ )、 $P_{12}$  ( $S_{2x}$ 、 $S_{2y}$ 、 $S_{2z}$ )、 $P_{13}$  ( $S_{3x}$ 、 $S_{3y}$ 、 $S_{3z}$ )、 $\dots$  までの距離のばらつきが最小になるよう統計的手法を用いて計算するのが望ましい。例えば、データ取得数は5以上、できれば10前後として、次の連立一次方程式を解けばよい。

【0082】

【数 4】

$$\begin{bmatrix} \sum S_{ix}(S_{ix}-\bar{S}_x) & \sum S_{iy}(S_{ix}-\bar{S}_x) & \sum S_{iz}(S_{ix}-\bar{S}_x) \\ \sum S_{iy}(S_{ix}-\bar{S}_x) & \sum S_{iy}(S_{iy}-\bar{S}_y) & \sum S_{iz}(S_{iy}-\bar{S}_y) \\ \sum S_{iz}(S_{ix}-\bar{S}_x) & \sum S_{iz}(S_{iy}-\bar{S}_y) & \sum S_{iz}(S_{iz}-\bar{S}_z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_x \\ C_y \\ C_z \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sum (S_{ix}-\bar{S}_x)(S_{ix}^2+S_{iy}^2+S_{iz}^2) \\ \sum (S_{iy}-\bar{S}_y)(S_{ix}^2+S_{iy}^2+S_{iz}^2) \\ \sum (S_{iz}-\bar{S}_z)(S_{ix}^2+S_{iy}^2+S_{iz}^2) \end{bmatrix}$$

. . . (26)

【0083】

ただし、

【0084】

【数 5】

$$\bar{S}_x = \frac{1}{N} \sum S_{ix} \quad . . . (27)$$

【0085】

【数 6】

$$\bar{S}_y = \frac{1}{N} \sum S_{iy} \quad . . . (28)$$

【0086】

【数 7】

$$\bar{S}_z = \frac{1}{N} \sum S_{iz} \quad . . . (29)$$

【0087】

【数 8】

$$r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum \{(S_{ix}-\bar{S}_x)^2 + (S_{iy}-\bar{S}_y)^2 + (S_{iz}-\bar{S}_z)^2\}} \quad . . . (30)$$

【0088】

また、データ取得数を多くして統計的手法により基準点 C2 (C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>) の推定計算を行うのであれば、P<sub>11</sub> (S<sub>1x</sub>、S<sub>1y</sub>、S<sub>1z</sub>)、P<sub>12</sub> (S<sub>2x</sub>、S<sub>2y</sub>、S<sub>2z</sub>)、P<sub>13</sub> (S<sub>3x</sub>、S<sub>3y</sub>、S<sub>3z</sub>)、. . . は基準点 C

2 ( $C_x$ 、 $C_y$ 、 $C_z$ ) から見て必ずしも全方向に分布している必要はなく、例えば、立体角で言えば  $2\pi$  若しくは  $\pi$  程度の範囲に限定されていてもよい。すなわち、基準点  $C_1$  ( $C_x$ 、 $C_y$ 、 $C_z$ ) から見た  $P_{11}$  ( $S_{1x}$ 、 $S_{1y}$ 、 $S_{1z}$ )、 $P_{12}$  ( $S_{2x}$ 、 $S_{2y}$ 、 $S_{2z}$ )、 $P_{13}$  ( $S_{3x}$ 、 $S_{3y}$ 、 $S_{3z}$ )、 $\dots$  への方向は、それぞれ出力増幅値を取得した時の携帯機器 201 の向きに相当するので、オフセット値のキャリブレーションを行う際に携帯機器 201 の向きをあらゆる方向にまんべんなく向ける必要はなく、例えば、立体角で言えば  $2\pi$  若しくは  $\pi$  程度の範囲に限定されていてもよい。

#### 【0089】

図 8 は、本発明の第 2 実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法を示すフローチャートである。

図 8 において、オフセット情報算出部 18 は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の出力増幅値  $S_{ry}$  および  $z$  軸ホール素子  $HE_z$  の出力増幅値  $S_{rz}$  をそれぞれ 10 点分格納するためのデータバッファを用意する (ステップ S11)。

#### 【0090】

そして、オフセット情報算出部 18 は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  および  $z$  軸ホール素子  $HE_z$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$ 、 $S_{rz}$  をそれぞれ 10 点分取得し (ステップ S12、S13)、感度補正情報記憶部 19b に記憶されている感度補正情報に基づいて、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  および  $z$  軸ホール素子  $HE_z$  の出力増幅値  $S_{rx}$ 、 $S_{ry}$ 、 $S_{rz}$  に感度補正係数をそれぞれ乗じ、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  および  $z$  軸ホール素子  $HE_z$  の感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$  を得る。

#### 【0091】

そして、オフセット情報算出部 18 は、 $x$  軸ホール素子  $HE_x$ 、 $y$  軸ホール素子  $HE_y$  および  $z$  軸ホール素子  $HE_z$  の感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$  をそれぞれ 10 点分得ると、データバッファから最も古いデータを削除し、残りのデータをシフトし、さらに今回取得した出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_z$  を加える (ステップ S14)。

## 【0092】

次に、オフセット情報算出部18は、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>およびz軸ホール素子HE<sub>z</sub>の感度補正後の出力増幅値S<sub>x</sub>、S<sub>y</sub>、S<sub>z</sub>の過去10点分を対象として、最大値と最小値をそれぞれ求め、最大値と最小値との差分が所定値より大きいかを判断する（ステップS15）。

そして、ステップS15で求めた最大値と最小値との差分が所定値以下の場合、今回取得した出力増幅値S<sub>x</sub>、S<sub>y</sub>、S<sub>z</sub>を破棄し、ステップS12に戻って、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>およびz軸ホール素子HE<sub>z</sub>の出力増幅値S<sub>rx</sub>、S<sub>ry</sub>、S<sub>rz</sub>を新たに取得する。

## 【0093】

一方、ステップS15で求めた最大値と最小値との差分が所定値より大きい場合、10点分の出力増幅値S<sub>x</sub>、S<sub>y</sub>、S<sub>z</sub>をそれぞれxyz成分とする点P<sub>11</sub>（S<sub>1x</sub>、S<sub>1y</sub>、S<sub>1z</sub>）、P<sub>12</sub>（S<sub>2x</sub>、S<sub>2y</sub>、S<sub>2z</sub>）、P<sub>13</sub>（S<sub>3x</sub>、S<sub>3y</sub>、S<sub>3z</sub>）、・・・からの距離がなるべく等しくなるような基準点C2の座標（C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>）を推定する（ステップS16）。

## 【0094】

そして、今回推定した基準点C2の座標（C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>）と、前回推定した基準点C2の座標（C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>）との差が所定値より小さいかどうかを判定し（ステップS17）、所定値以上の場合、今回推定した基準点C2の座標（C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>）を破棄し、ステップS12に戻って、x軸ホール素子HE<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>およびz軸ホール素子HE<sub>z</sub>の出力増幅値S<sub>rx</sub>、S<sub>ry</sub>、S<sub>rz</sub>を新たに取得する。

## 【0095】

一方、今回推定した基準点C2の座標（C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>）と、前回推定した基準点C2の座標（C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>）との差が所定値より小さい場合、今回推定した基準点C2の座標（C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>、C<sub>z</sub>）のx、y、z成分をそれぞれx軸ホール素子HE<sub>x</sub>のオフセットC<sub>x</sub>、y軸ホール素子HE<sub>y</sub>のオフセットC<sub>y</sub>、z軸ホール素子HE<sub>z</sub>のオフセットC<sub>z</sub>としてオフセット情報記憶部19aに記憶させる（ステップS18）。

## 【0096】

なお、上述した実施形態では、方位角計測装置が携帯機器に組み込まれていることを前提に説明したが、PDAやノートパソコンなどの携帯機器に対して抜き差し（脱着）可能な容器に方位角計測装置を収容し、この方位角計測装置を携帯機器に装着して使用するようにしてもよい。

例えば、ノートパソコンに標準装備されているPCカードスロットに挿入されるPCMCIAカードの中に、方位角計測装置とそのデータ処理IC、インターフェースICなどを設け、そのドライバとして、上述したキャリブレーション機能を組み込むようにしてもよい。

## 【0097】

PCカードスロットは、機械的および電氣的な特性に対する規格はあるが、スロット内部の漏洩磁束密度等の磁氣的な特性に対する規格は無いため、汎用のPCMCIAカードの中に設けた方位角計測装置は、ノートパソコンから発生する漏洩磁束密度を予め予測することができない。

ここで、PCMCIAカードの中に方位角計測装置のキャリブレーション機能を組み込むことにより、PCカードスロットの漏洩磁場が携帯機器ごとにばらつく場合においても、方位角計測装置のオフセットを精度よく補正することができ、特定の携帯機器に限られることなく、方位角計測装置を自由に装着して使用することが可能となる。

## 【0098】

なお、PCMCIAカードには、方位角計測装置以外にも、傾斜角センサや、GPSの信号処理IC、アンテナなどを一緒に搭載するようにしてもよいし、カード形式も、PCMCIAカードに限られることなく、CFカードスロットに対応させるようにしてもよい。

また、上述した実施形態では、磁気センサとしてホール素子を用いた場合を例にとって説明したが、磁気センサが必ずしもホール素子に限定されることなく、例えば、ブラックスゲートセンサなどを用いるようにしてもよい。

## 【0099】

また、上述した実施形態では、磁気センサの感度のばらつきを補正するため、



製造時に一度だけ、感度補正情報の記憶を行う方法について説明したが、基準点の推定において座標軸のスケールファクタも同時に統計的手法によって磁気センサの感度に合うよう推定してもよい。この場合、2軸出力の場合は6点以上、3軸出力の場合は7点以上取得することが好ましい。

#### 【0100】

また、方位角計測の実行中、方位角計測のために取得された各軸出力を用いて中心座標推定とオフセット情報算出をバックグラウンドで実行し、オフセット情報の更新を随時行うようにしてもよい。さらに、方位角の計測と同時にオフセット情報の更新を開始し、オフセット情報の内容が変化しなくなったら、オフセット情報の更新を停止させて、消費電力を減らすようにしてもよい。

#### 【0101】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、携帯機器の向きを任意に変化させるだけで、磁気検出手段の各軸出力に対するオフセット情報を算出することができ、オフセットのキャリブレーション作業を容易化して、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担を軽減することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の第1実施形態に係る携帯機器の概観構成を透視して示す斜視図である。

#### 【図2】

本発明の第1実施形態に係る方位角計測装置の概略構成を示すブロック図である。

#### 【図3】

本発明の第1実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法の概念を説明する図である。

#### 【図4】

本発明の第1実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法を示すフローチャートである。

## 【図 5】

本発明の第 2 実施形態に係る携帯機器の概観構成を透視して示す斜視図である。

## 【図 6】

本発明の第 2 実施形態に係る方位角計測装置の概略構成を示すブロック図である。

## 【図 7】

本発明の第 2 実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法の概念を説明する図である。

## 【図 8】

本発明の第 2 実施形態に係るオフセット値のキャリブレーション方法を示すフローチャートである。

## 【図 9】

方位角計測装置を z 軸回りに一定の角速度で回転させた時の磁気センサの出力波形を示す図である。

## 【図 10】

従来の方位角計測装置のキャリブレーション方法を示すフローチャートである。

## 【符号の説明】

101、201 携帯機器

102、202 表示部

103、203 アンテナ

1 2 軸磁気センサ

11 3 軸磁気センサ

HE x x 軸ホール素子

HE y y 軸ホール素子

HE z z 軸ホール素子

2、12 チョッパ部

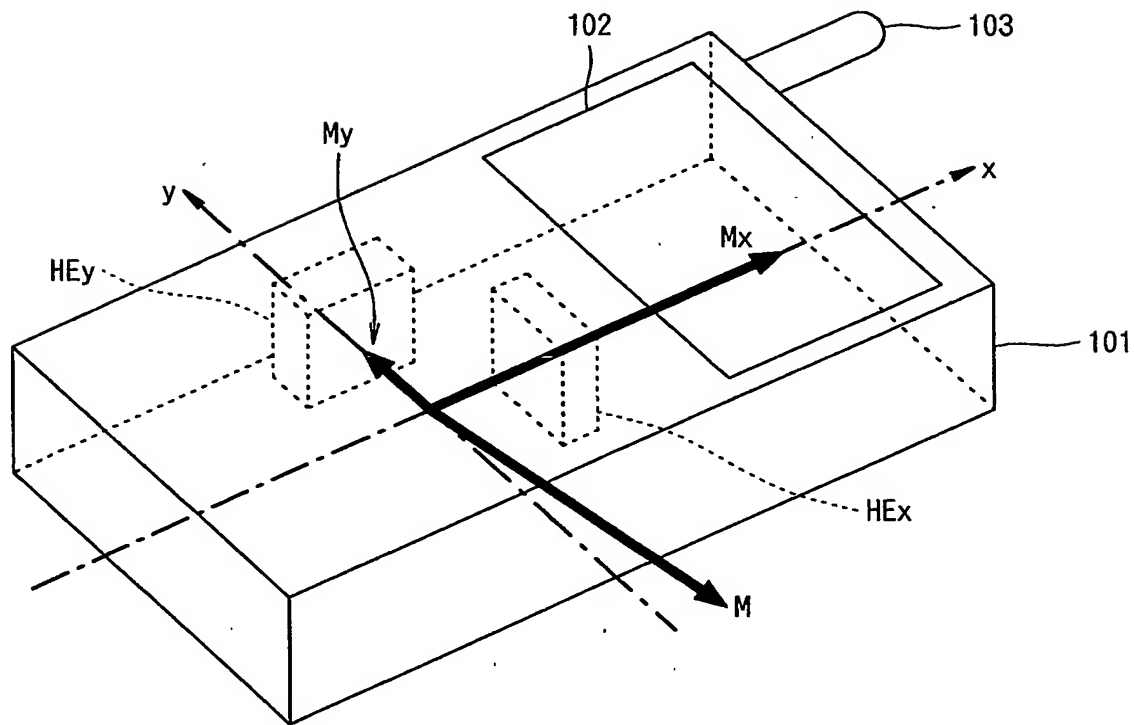
3、13 磁気センサ駆動電源部

- 4、14 差動入力アンプ
- 5、15 A/D変換部
- 6、16 補正計算部
- 7、17 方位角計算部
- 8、18 オフセット情報算出部
- 9a、19a オフセット情報記憶部
- 9b、19b 感度補正情報記憶部

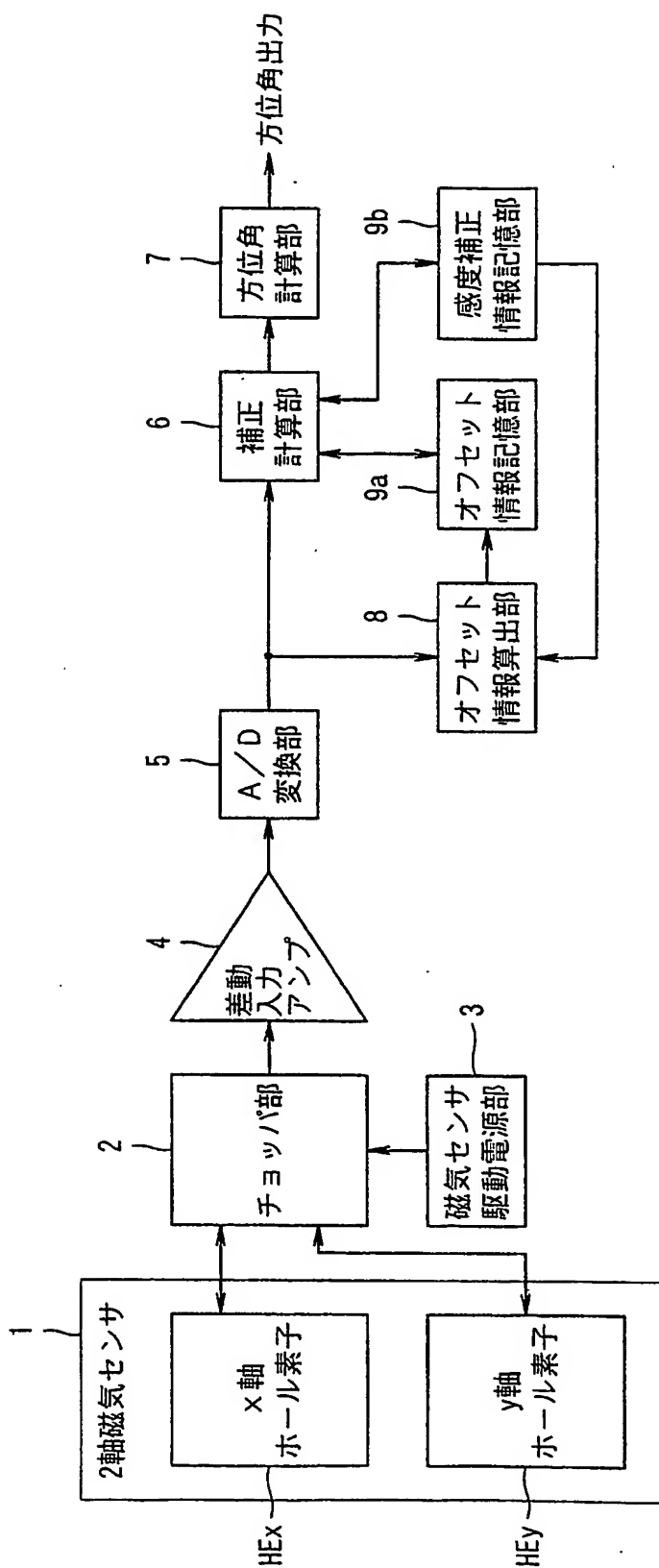
【書類名】

図面

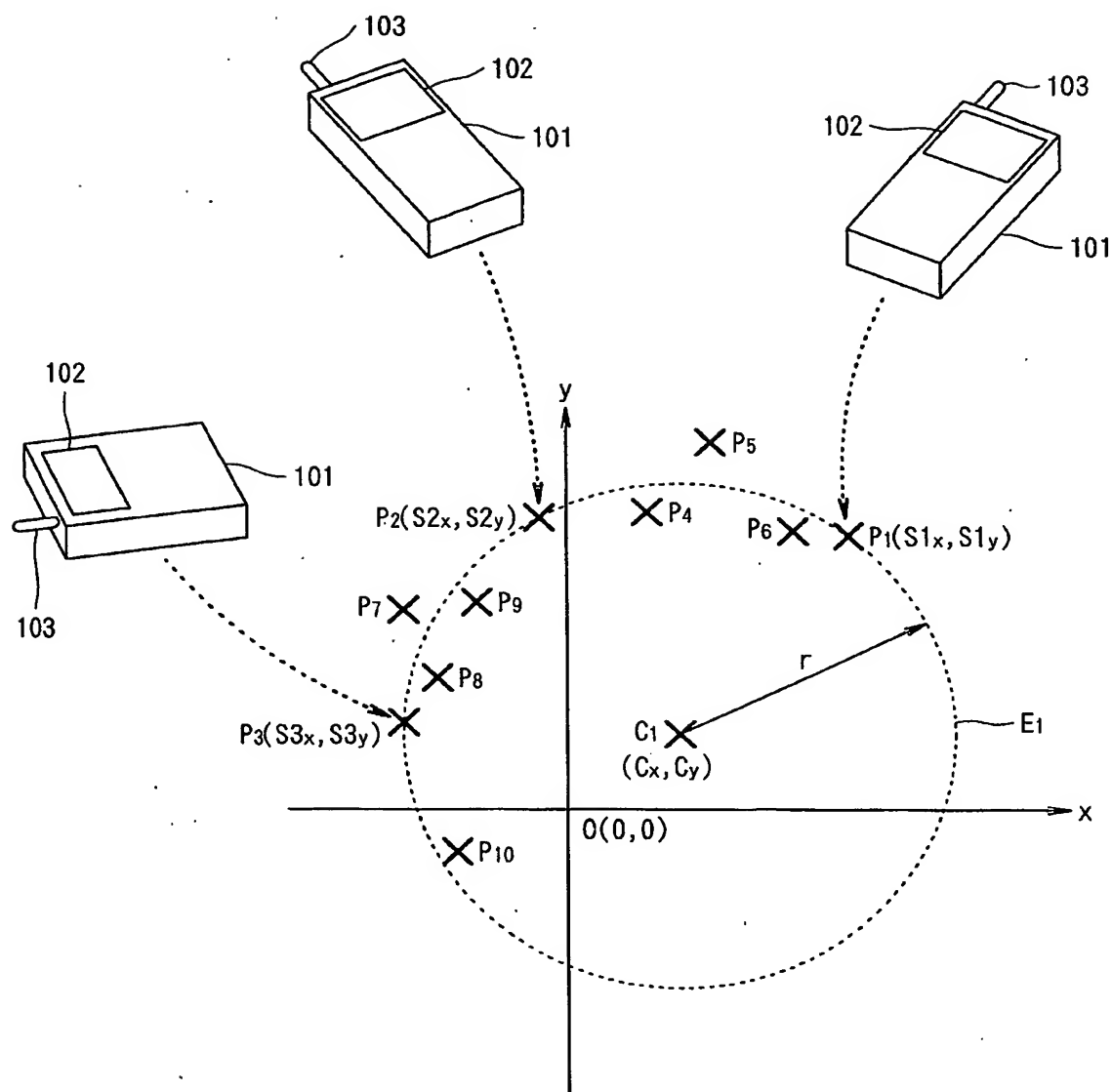
【図 1】



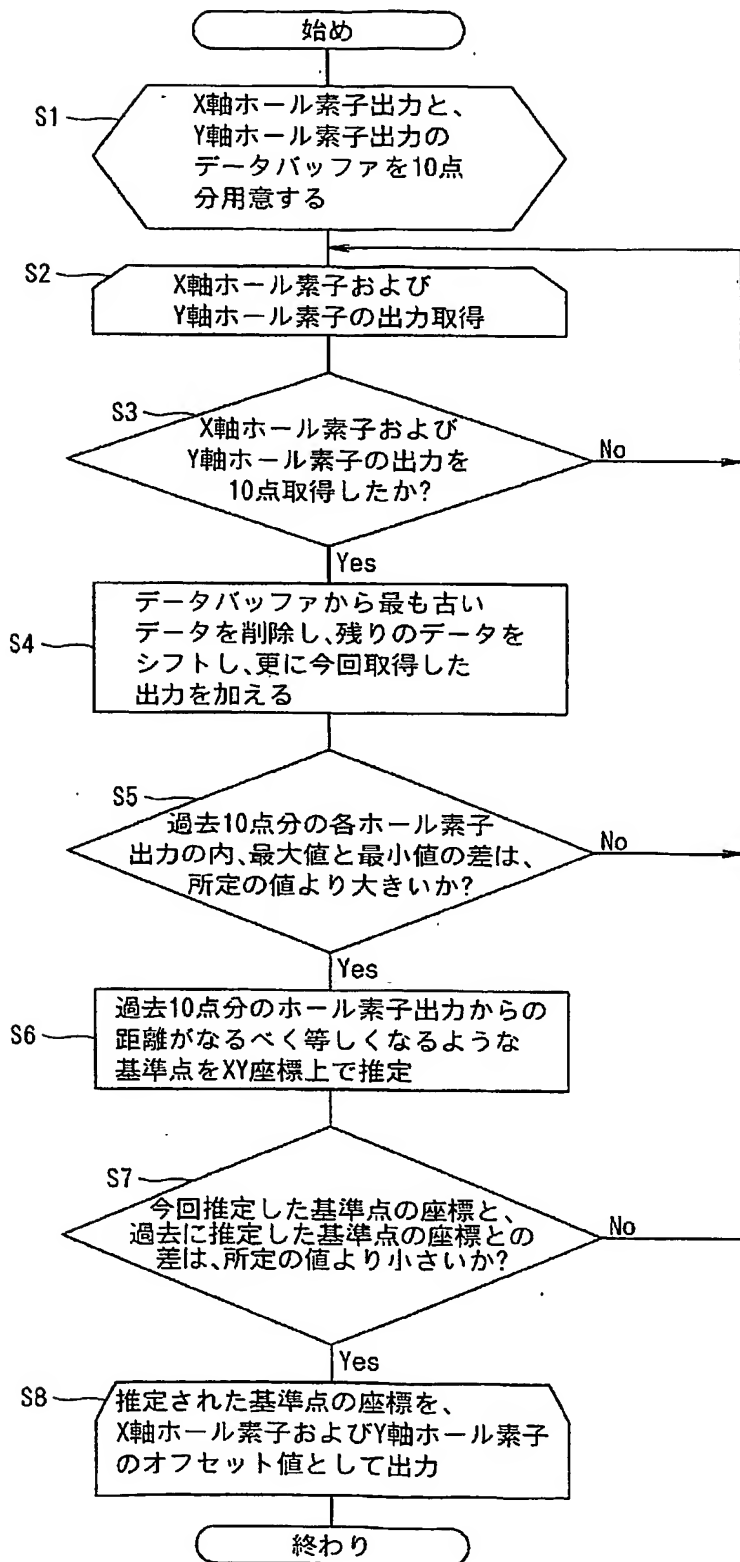
【図 2】



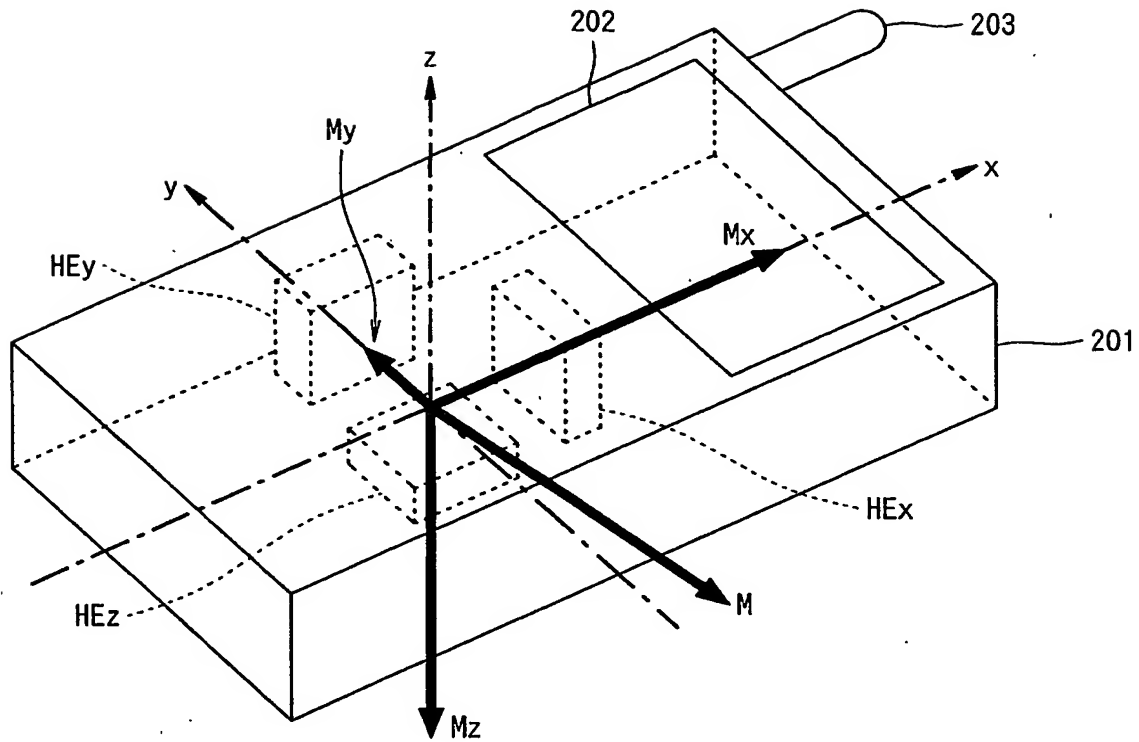
【図 3】



【図 4】

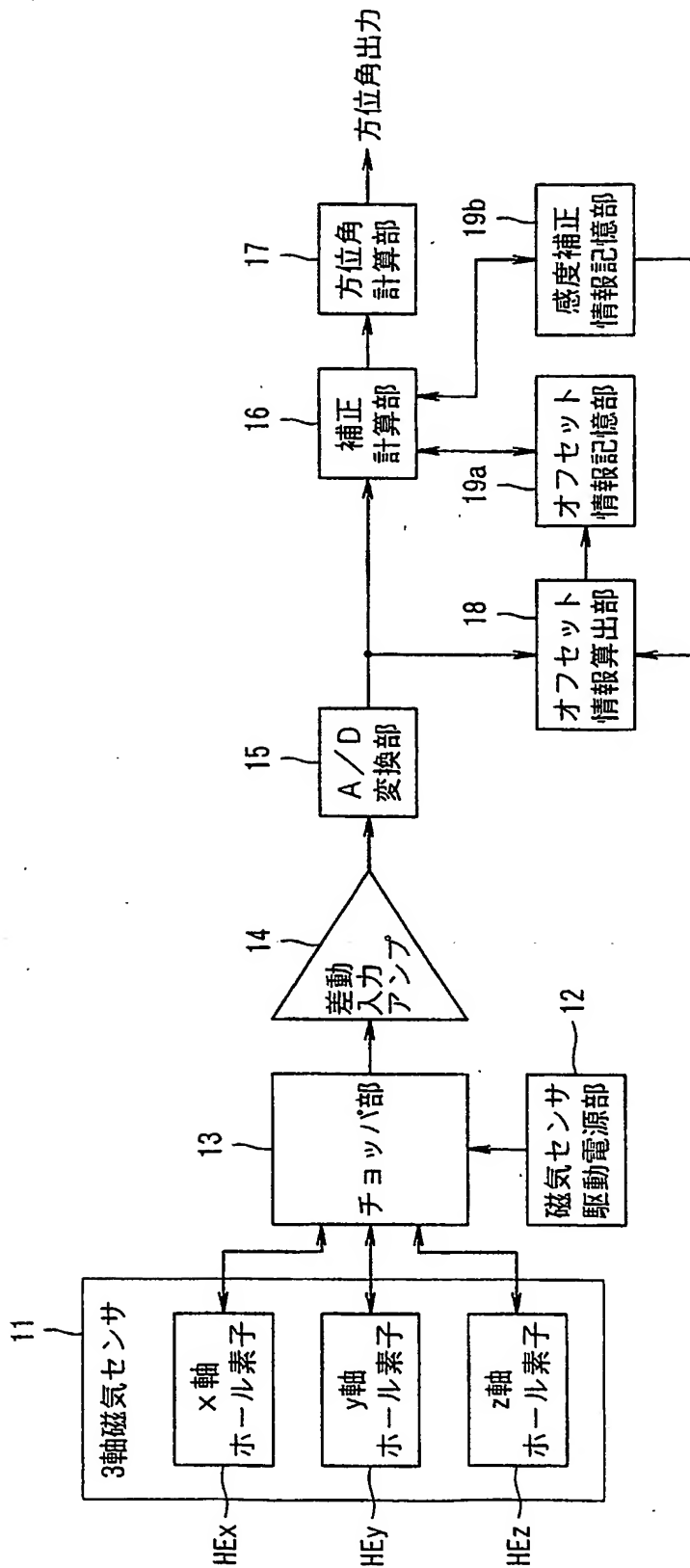


【図 5】

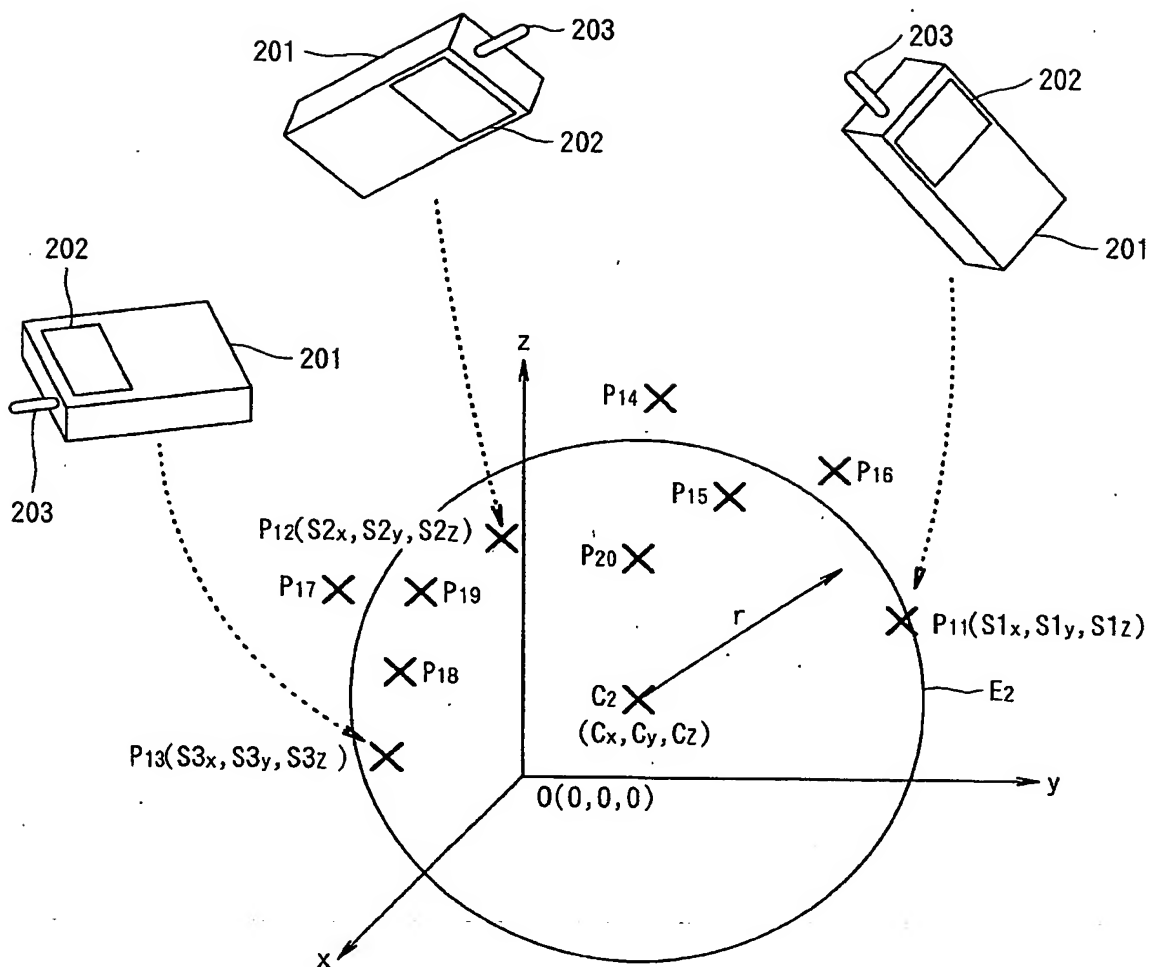




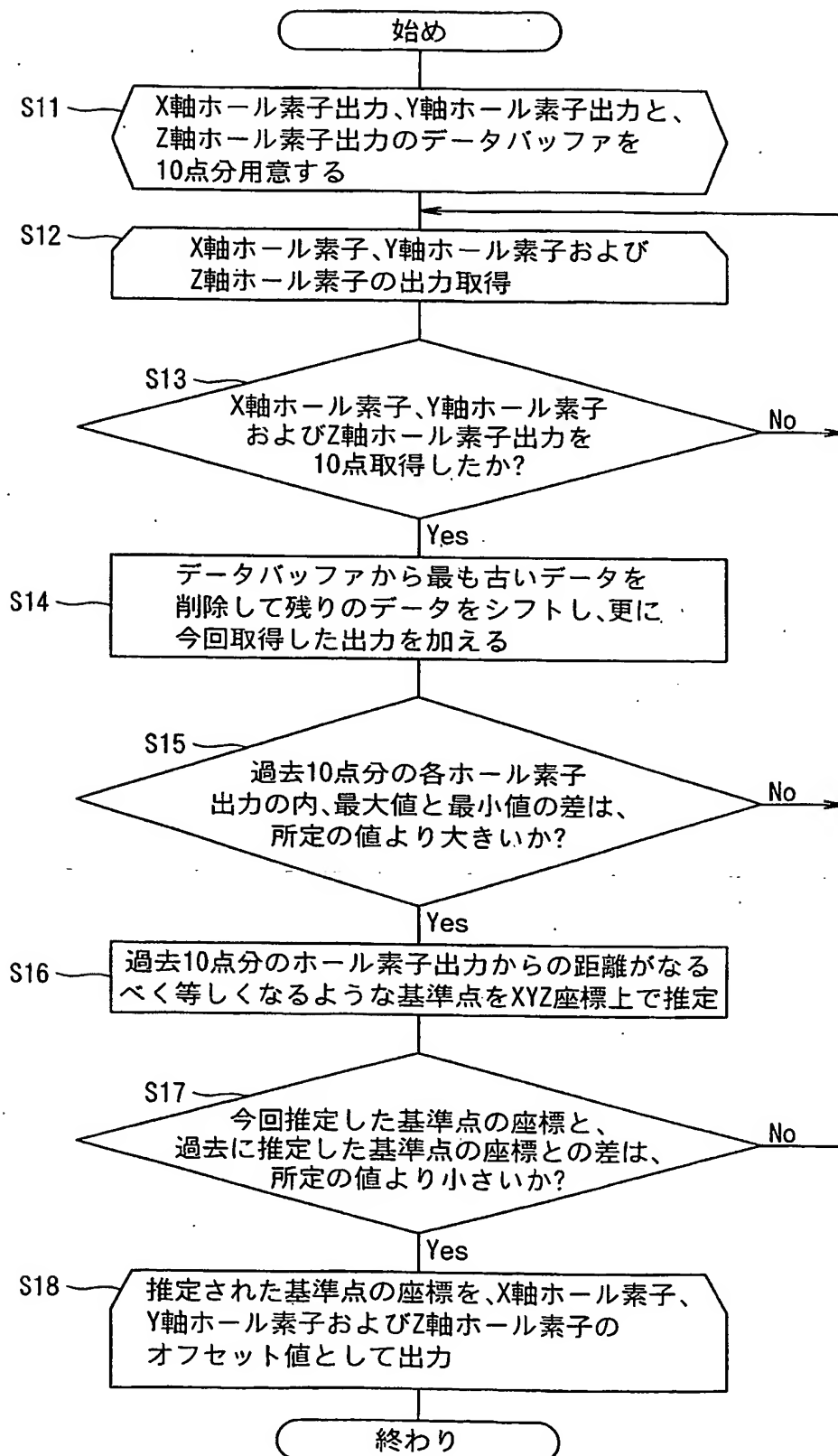
【図 6】



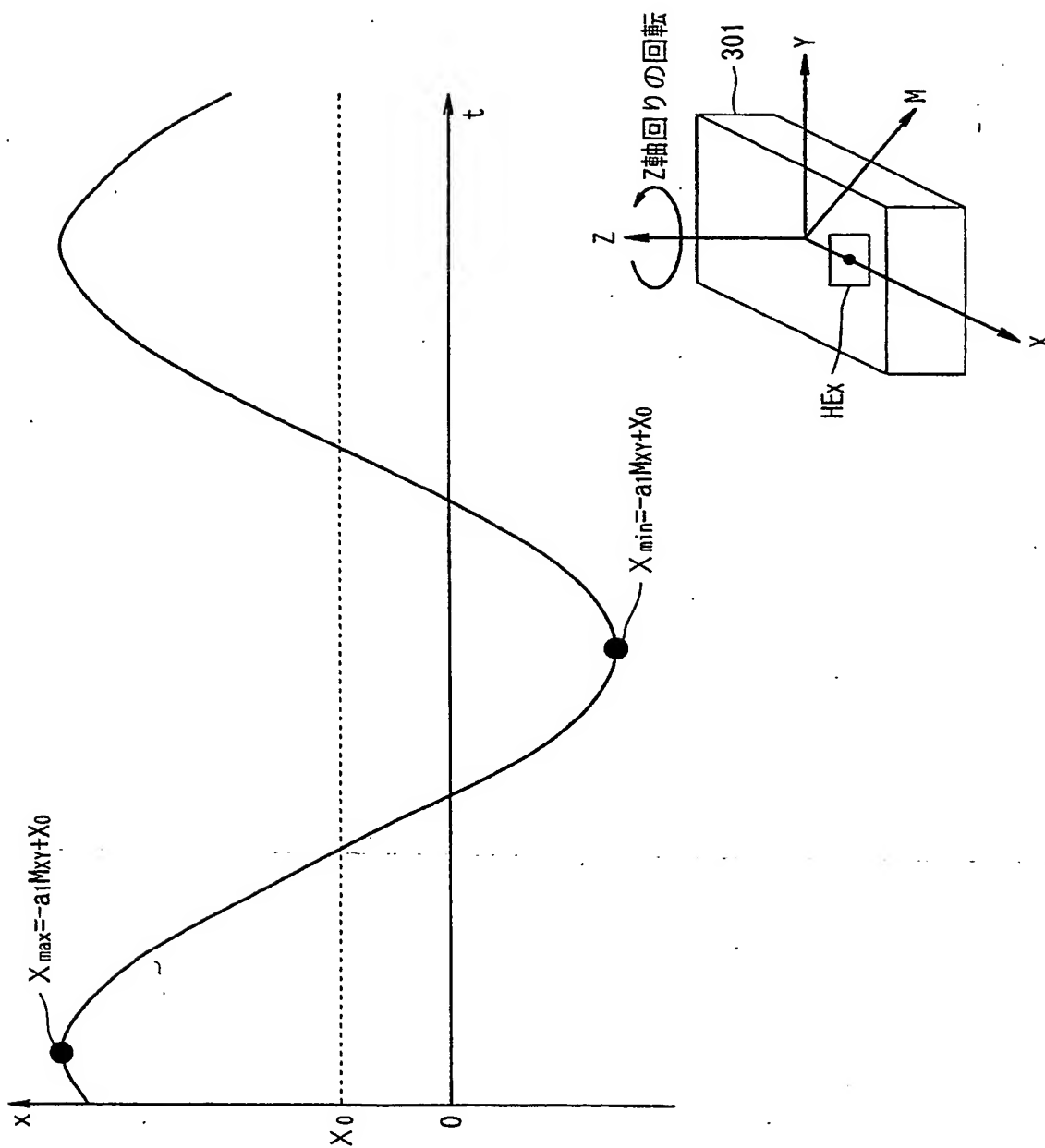
【図 7】



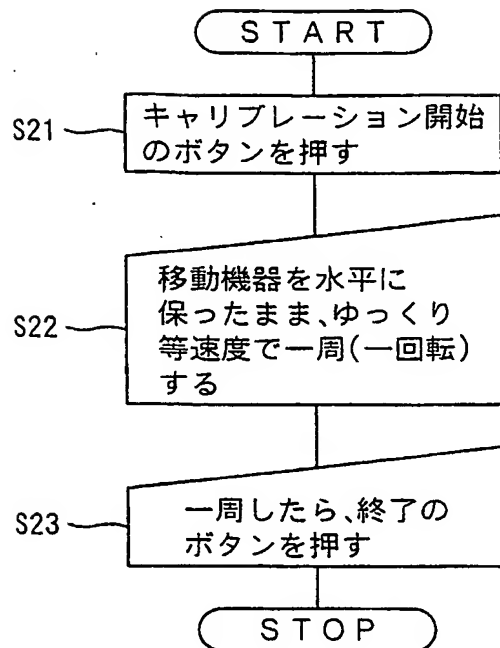
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 利用者に負担をかけることなく、磁気センサのキャリブレーションを行う。

【解決手段】 オフセット情報算出部 8 は、感度補正後の出力増幅値  $S_x$ 、 $S_y$  をそれぞれ  $x$ 、 $y$  成分とする点を  $x$   $y$  座標上に配置した時に、各点の近傍に円周が位置するような円の中心座標を求め、この円の中心座標の  $x$  成分を  $x$  軸ホール素子  $HE_x$  の現在のオフセット  $C_x$ 、この円の中心座標の  $y$  成分を  $y$  軸ホール素子  $HE_y$  の現在のオフセット  $C_y$  として算出する。

【選択図】 図 2

特願 2002-192546

出願人履歴情報

識別番号

[000000033]

1. 変更年月日

2001年 1月 4日

[変更理由]

名称変更

住 所

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

氏 名

旭化成株式会社

2. 変更年月日

2003年 4月22日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

氏 名

旭化成株式会社